

|||||||
論 文
|||||||

고강도 황동, 알루미늄 청동 및 인청동합금의 용탕단조 조직과 기계적 성질에 관한 연구

한요섭 · 이호인

A Study on the Microstructures and Mechanical Properties of Squeeze Cast High Strength Yellow Brass, Al Bronze and Sn Bronze Alloys

Yo-Sub Han and Ho-In Lee

Abstract

The microstructures and mechanical properties of high strength yellow brass, Al bronze and Sn bronze alloys fabricated by gravity die casting and squeeze casting were investigated. A rapid cooling of casting was enhanced by pressure applied during solidification of Cu alloys, the cooling rate of casting was more great for high strength yellow brass alloy than other Cu alloy. Grain size and phases of the squeeze cast products become refined to 1/2 level compared to gravity die castings. Squeeze cast Al bronze and high strength yellow brass has about 10-20% higher yield and tensile strength and slighter decreased or nearly same elongation, compared to gravity die cast ones. Sn bronze has nearly same strength and hardness, but shows increased in elongation, compared to gravity die cast ones.
(Received November 1, 1999)

1. 서 론

동합금주물은 우수한 내식성과 적당한 강도와 연성 및 양호한 주조성등으로 인하여 오랫동안 구조용 소재로서 사용되어왔다. 그러나 그 역사에 비하여 제조공정은 주로 사형주조가 중심으로서 생산성과 품질에서 한계가 있다. 보다 동합금주물의 조직과 기계적성질의 향상을 위하여 여러 가지 주조조건 최적화와 신공정들에 대한 연구들이 진행되어 왔다. 사형주조시에 주형재료, 주조방안과 소재의 용해처리공정 및 주입온도가 주물의 건전화에 주요한 요소로 보고[1]되고 있으며, Cu-Al-Si 합금의 경우 사형주조에 비하여 chill을 이용한 냉각속도를 증가시에 주조조직의 미세화가 촉진되고 석출상의 억제 또는 변화로 인하여 인장강도의 증가와 연성은 감소되는 결과가 보고[2]되고 있다. 또한 Cu-Pb합금에서 응고시에 진동을 가하면 Pb편석이 감소하고 결정립도 미세화되고 경도는 증가하는 보고[3]가 있다. 동합금의 금형주조시에 적절한 금형비와 응고속도 금형예열온도가 조직과 기계적성질의 향상을 가져온다는 보고[4]도 있다. 최근 동합금주물의 용탕단조

에 대하여 연구가 되고 있다. 컵형상의 황동 및 청동 주물을 용탕단조로 제조할수 있었으며 기계적성질도 우수한 것으로 보고[5]되고 있으며, 연청동합금에서 용탕단조시 Pb의 편석 감소 및 주조조직의 미세화로 기계적성질이 향상되었다는 보고[6]가 있으며 용탕단조로 직경 180 mm 길이 350 mm의 건전한 인고트를 제조할수 있다는 보고[7]도 있다. 또한 나아가 순동 전기모터 로터와 인청동 부싱의 제조에 대해서서 보고[8]되고 있어서 고품질의 동합금주물 제조공정으로서 용탕단조법이 주목을 받고 있다.

이상의 연구들은 주로 동합금에 대해서 용탕단조의 제조가능성을 제시하고 있으나 용탕단조시의 제조조건들의 영향이나 각종 합금별 대한 용탕단조 조직의 특성과 형성기구 및 기계적성질에 관계에 대한 연구가 적다. 본 연구에서는 공업적으로 많이 사용되는 다원계 공업규격용 소재중에서 구조용 동합금들에 대한 용탕단조 특성을 규명하고자 고강도황동주물, 알루미늄청동, 인청동합금을 소재로 선정하였다. 인청동합금은 대표적인 내식성 사형주조용 합금으로 많이 사용되는 합금이며 고강도 황동과 알루미늄청동은 동합금중에서 고

강도를 나타내면서 금형주조가 어려운 동합금으로 알려져 있다[9]. 이러한 비 금형주조용 동합금계의 3종류를 가지고 그에 대한 중력금형주조와 용탕단조를 실시하여 주조조직과 기계적성질을 조사하였으며 응고시에 금형과 주물에 온도변화를 측정하여 용탕단조의 열분석과 전열현상을 통하여 동합금의 용탕단조 특성과 응고기구를 조사하였다.

2. 실험 방법

그림 1은 본 실험에 사용한 용탕단조 금형장치의 개략도로서 동합금시료는 직경 50 mm의 봉상이며 상부에서 유압실린더를 하강시켜 용탕단조하게 되어 있다. 동합금 주물의 응고시에 열전달 및 냉각특성을 조사하고자 용탕과 금형에 CA 타입 열전대를 삽입하여 주조 응고시의 냉각곡선들을 측정하였다. 금형에 삽입하여 측정하는 열전대는 절연 섬유로 보호된 상태에서 끝을 용접한 상태로 사용하였다. 용탕온도를 측정하는 열전대는 외경 4 mm의 mulite 재질의 insulator에 열전대 선을 삽입하여 금형 하단 블록의 중심부에 구멍을 내고 고정을 시켜 사용하였다. 용탕단조시에는 동합금 주물이 고압을 받아 주물내에 삽입된 열전대가 손상되어서 안정된 측정이 되지 못하여 금형온도의 변화만 측정하였다.

본 실험에 사용된 동합금으로서 고강도 황동주물 1종(KS규격 HBsC1, UNS C86500), 3종(KS규격 HBsC3, UNS C86200)과 알루미늄청동주물(KS 규격 AlBrC3, UNS C95500) 및 인청동주물(KS규격 PBC2B, UNS C90700)을 준비하였다. 이들 합금의 조성규격에 따라서 Cu-40%Zn, Al-20%Fe 모합금과 Cu, Zn, Sn, Fe, Mn, Al, Ni 등의 순금속을 정량적으로 배합하여 고주파로에서 유도용해하여 제조하였다.

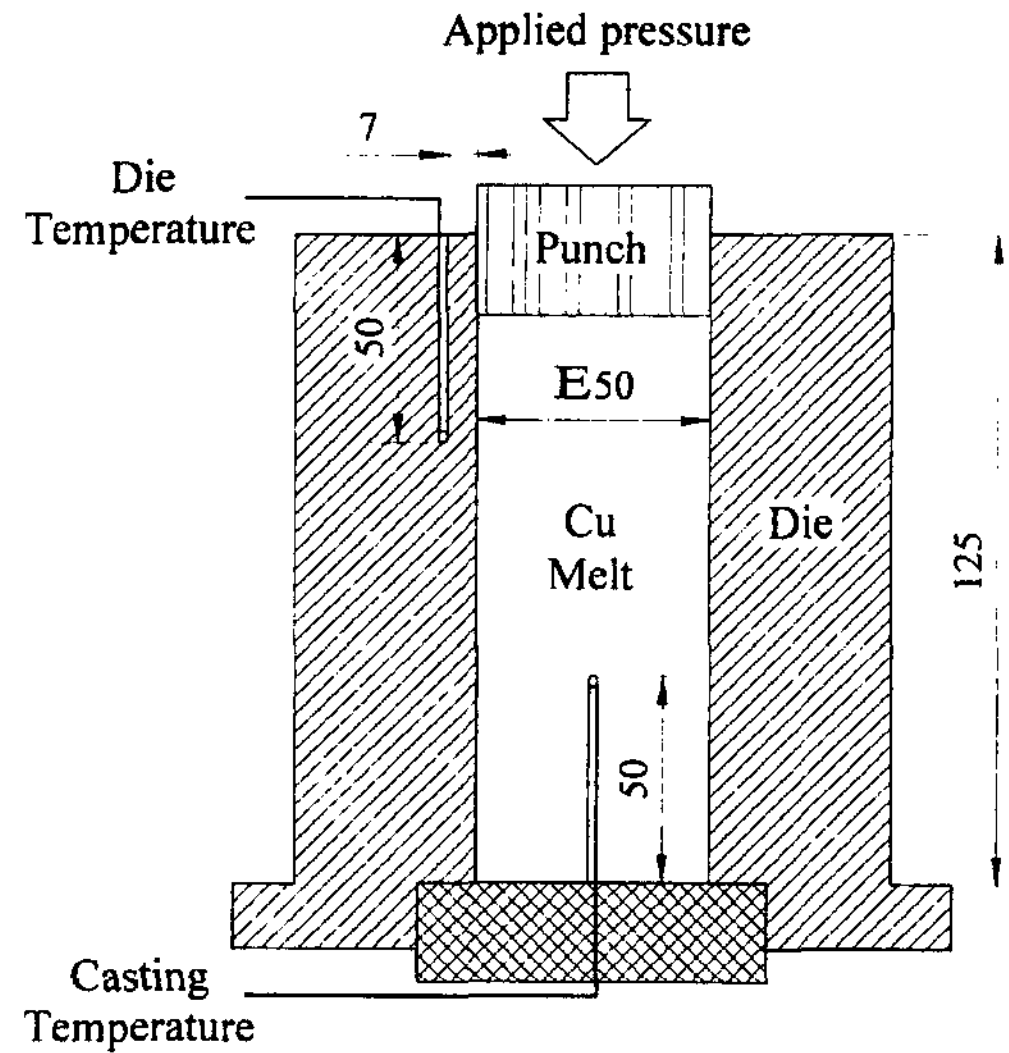


Fig. 1. Schematic of squeeze casting die of Cu alloys for measurement of cooling of die and casting during solidification (mm).

표 1은 제조된 동합금소재들의 화학조성을 습식분석한 결과로서 합금첨가조성과 실제 조성을 비교하였다. 이들 합금원소중에서 Mn과 Fe성분의 회수율이 낮았고 다른 원소들은 회수율이 높았다.

표 2는 본 실험의 주요 조건들로서 가압력은 중력과 100 MPa로 사용하였다. 주조온도는 합금에 따라 용해온도가 다르므로 문헌[9]에서 알려진 동합금의 액상선 온도에서 약 50°C의 과열을 한 온도 실험하였고 다른 주조조건을 동일하게 적용하였다. 중력금형주조와 용탕단조된 동합금주물 시료들을 중심부 수직으로 이등분하고 그 단면을 연삭 및 에머리지로 400번 까지 연마한 뒤에 고강도황동은 50 ml HNO₃ + 0.5g AgNO₃ + 50 ml H₂O 시약으로, 나머지 청동류는 30 ml HCl + 10 ml FeCl₃ + 120 ml H₂O 시약으로 에칭을 1-2분

Table 1. Chemical compositions of experimental Cu alloys(wt%)

specimen alloy		Zn	Al	Fe	Pb	Sn	Ni	Mn	P	Cu
High Strength yellow brass 1(HBsC1)	analyzised	35.2	1.25	0.51	-	-	-	0.03	-	remainder
	addition	39	1	1	-	-	-	1	-	"
High Strength yellow brass 3(HBsC3)	analyzised	26.6	3.83	1.20	-	-	-	0.47	-	"
	addition	24	4	3	0.5	-	-	3	-	"
Al bronze(AlBrC3)	analyzised	-	11.7	0.85	-	-	4.34	-	-	"
	addition	-	10	4	0.5	-	4	-	-	"
Sn bronze(PBC2B)	analyzised	-	-	-	-	11.4	-	-	0.27	"
	addition	-	-	-	-	10	-	-	0.3	"

Table 2. Experimental conditions of squeeze casting of Cu alloys

cu alloy	high strength yellow brass 1 and 3, Al bronze, Sn bronze
applied pressure	atmosphere and 100 MPa
pouring temperature	melting temperatures + 50
die temperature	200 - 250
lubricant	colloidal graphite emulsion brushed
pressing speed	20 mm/sec
pressure applying time	within 10 sec after pouring
pressure holding time	60 sec

정도 하여 거시조직을 촬영하였다. 미세조직은 시료의 중간부위를 절단하여 2400번 까지 에머리지로 연마를 하고 0.05 μm 크기의 알루미나 입자를 사용하여 Buff 천 연마한뒤 청동합금 에칭시약으로 짧게 수 초동안 에칭하여 광학현미경으로 관찰하였다.

각종 주조 시편의 수직으로 사등분하여 인장시편을 가공하였다. 이 시편의 규격은 봉상으로 측정부의 직경을 6 mm, 길이를 25 mm로 하였다. 경도 시편은 거시조직 시료를 가지고 Brinell Hardness(load 500 kg)으로 전체 6 곳을 측정하여 평균을 얻었다.

3. 실험결과와 고찰

3.1 동합금주물의 응고 열전달에 대한 용탕단조 특성

주조과정에서 주물과 금형의 온도변화는 응고과정을 정량적으로 파악하고 주물의 조직과 성질을 제어하는

데 중요한 근거가 된다. 원통형 금형에서 중력주조와 용탕단조시에 얻어진 동합금주물과 금형의 냉각곡선들을 먼저 살펴 보았다. 그림 2-5는 고강도황동 1종, 고강도황동 3종, 알루미늄 청동과 인천동의 중력주조와 용탕단조시의 주탕개시후에 주물 중심부와 금형의 냉각곡선을 측정된 것을 함께 나타낸 것이다. 용탕단조시의 주물의 온도는 삽입 열전대의 손상과 하단으로 용탕 누출이 심하여 측정이 어려웠다. 용탕의 주입시에 주물 중심부의 열전대 센서까지 도달하는데에는 2.5 초가 소요되었다. 이로 볼 때 주탕완료는 4.5초로 예상이 된다. 주탕개시후 금형의 온도가 상승이 되는 시기는 7-8초 이후이고 이를 용탕접촉시점으로 환산하면 약 4초 정도가 금형내에 온도 전달 시간이라 고려된다. 용탕단조시에 가압시기는 주탕 완료후 약 6-8초가 되고 이는 주탕개시후 약 10-12초 경과한 상태가 된다.

표 3은 그림 2-5에서 나타난 중력금형주조시의 주물의 냉각곡선 변화로부터 각각 동합금 종류별 고액상 구간(mush zone)에서 응고 시간과 냉각속도 및 응고 특성이다. 이 값은 중력주조시의 값이지만 용탕단조시점의 응고 상황을 간접적으로 살펴볼 수 있는 자료가 된다. 고 액상 온도는 각종 동합금주물의 문헌[9]상 열적 물성치를 사용하였다.

표 4는 역시 그림 2-5에 나타난 금형에서의 냉각곡선의 변화를 초기 온도, 금형 승온 속도, 최고 승온차, 최고 승온 도달시간등의 항목별로 조사하여 중력주조와 용탕단조시의 열적 특성을 정량적으로 나타낸 것이다. 여기서 승온 속도는 주물에서의 열방출에 의한 것

Table 3. Thermal characteristics of gravity die cast Cu alloys during solidification

	total solidification time(sec)	mush zone solidification time(sec)	mush zone cooling rate (k/sec)	mush zone temperature (°C)	casting temperature (°C)
H.S. Yellow brass 1	6.2	3.5	3.3	880-862	910
H.S. Yellow brass 3	8.6	8.6	4.1	923-885	960
Al bronze	25.4	15.0	1.04	1055-1040	1160
Sn bronze	13.8	9.5	13.6	1000-843	1010

Table 4. Heat transfer characteristics of Die during gravity die casting and squeeze casting of Cu alloys

	Temperature difference between initial and maximum (°C)		Time to reach max. temperature (sec)		Heating rate(k/sec)	
	gravity	squeeze	gravity	squeeze	gravity	squeeze
H.S. Yellow brass 1	122	132	34	21	5.4	8.0
H.S. Yellow brass 3	131	207	36	29	6.0	12.8
Al bronze	162	248	39	30	8.3	10.6
Sn bronze	207	207	29	27	11.0	11.7

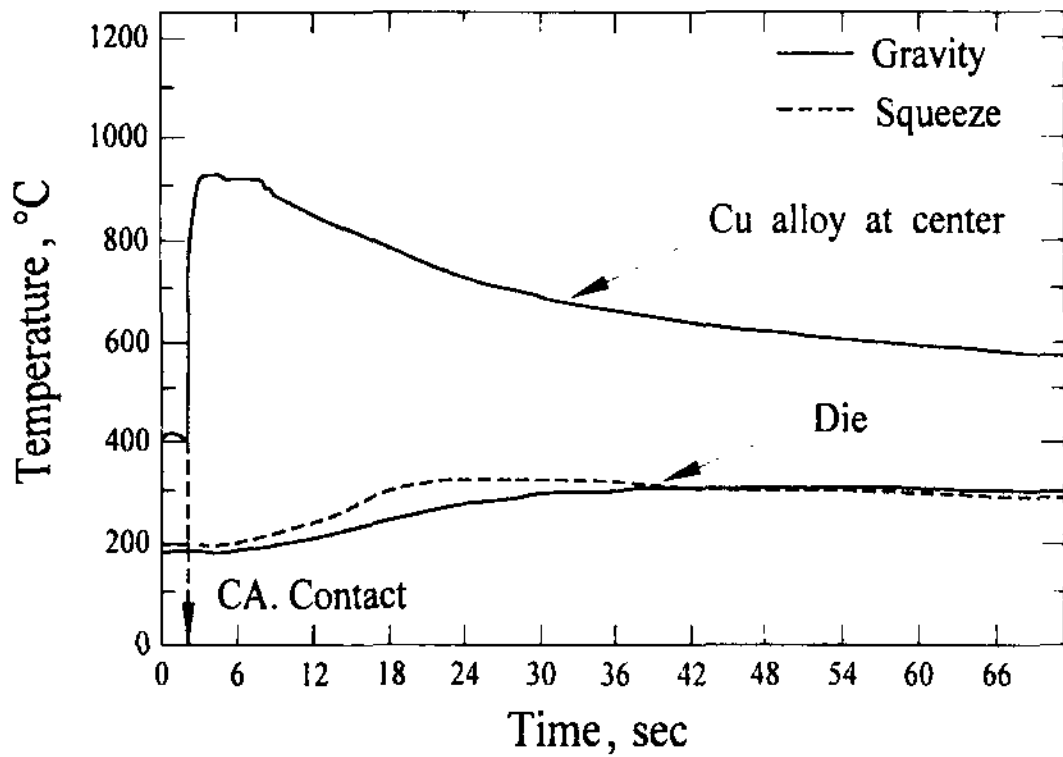


Fig. 2. Cooling curves of die and casting of high strength yellow brass 1 alloy

이므로 주물의 응고시 냉각속도와 직접적인 관계가 있다.

그림 2에서 고강도황동 1종의 응고완료가 주탕개시 후 약 9초 내외가 되어 용탕단조시점이 거의 응고말기에 작용됨을 알 수 있다. 따라서 주탕온도를 보다 높여 가압시점을 용탕상태에서 가압이 이루어지도록 함이 필요하였다. 여기서 용탕의 응고시간은 3.5 초로 주탕과 함께 표면에서 응고가 시작되어서 3초 정도의 중심부는 용탕상태를 유지하다가 응고가 진행되었다. 이로 볼 때 직경 50 mm의 시료의 중력응고 속도는 약 7 mm/sec 정도가 된다. 고강도황동 1종은 Zn 성분이 35% 이상으로 산화반응이 온도의 증가에 매우 민감하여 용탕의 과열에는 한계가 있어서 주입온도는 910°C가 적절하였다. 고강도황동은 응고구간이 880 - 862°C으로 약 18°C 정도로 짧아 지향성응고[10]가 예상되며 가압의 효과가 감소할 것으로 고려된다. 용탕단조시 금형의 냉각곡선을 보면 금형온도 상승은 10°C 정도로 그다지 높지는 않으나 승온속도는 약 50% 증가하고 최고 온도 도달시간도 2/3 수준으로 단축되었다. 금형의 승온속도와 주물의 냉각속도를 보면 약간 금형의 승온속도가 빠르게 되어 있다.

그림 3의 고강도황동 3종의 경우 고강도황동 1종에 비해 Zn 성분이 적어서 주탕온도를 보다 높은 상태에서 주조가 이루어졌다. 이 경우도 응고 온도 구간이 38°C 정도로 고강도황동 1종에 비해서는 다소 용탕이 존재하는 상태에서 가압이 되나 그래도 용탕단조시점이 응고 말기에 이루어지고 있었다. 용탕단조시에 금형온도가 중력주조보다 40°C 정도 높아 가압전에 용탕 냉각이 보다 적어질 것으로 고려되었다.

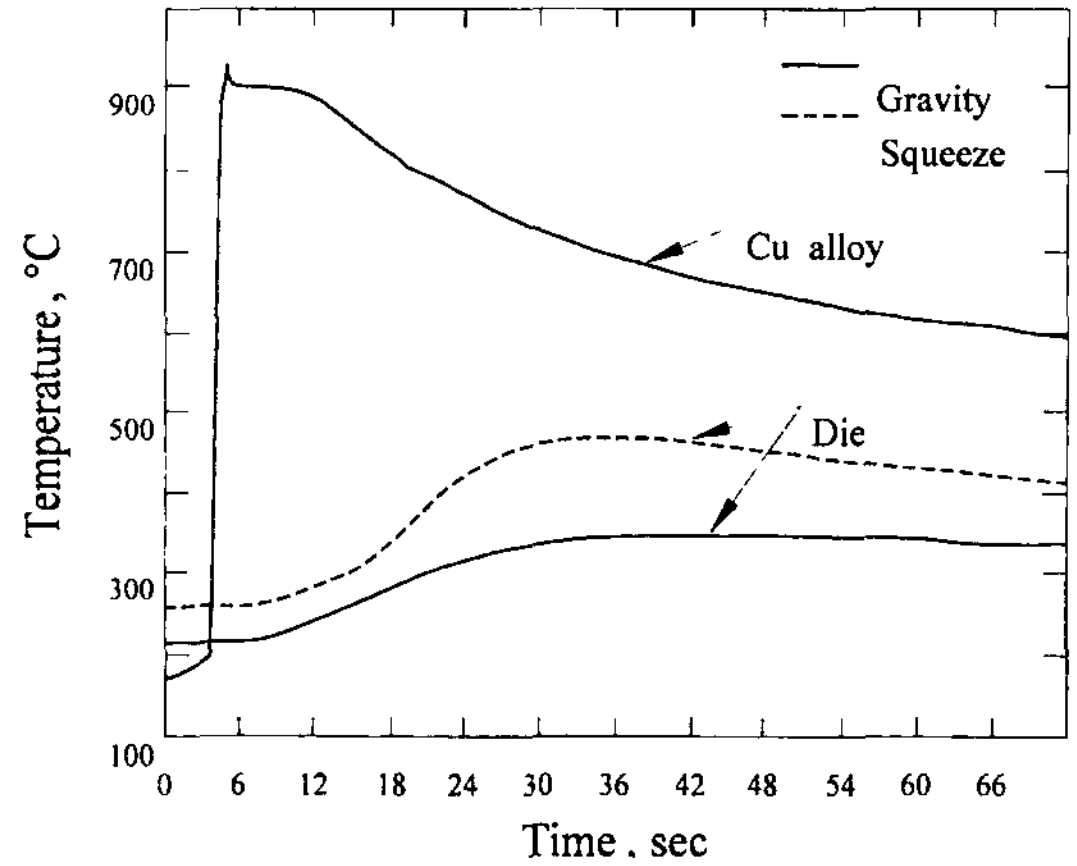


Fig. 3. Cooling curves of die and casting of high strength yellow brass 3 alloy

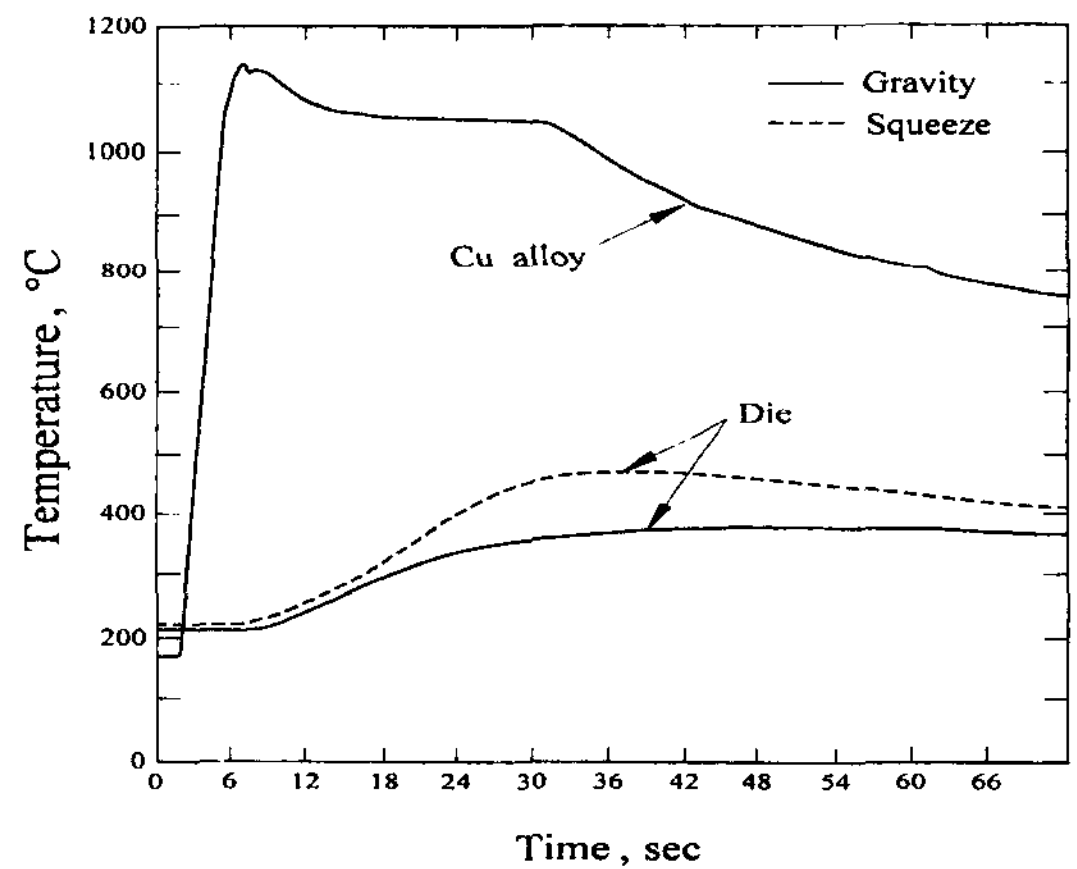


Fig. 4. Cooling curves of die and casting of Al bronze alloy.

중력주조시 응고시간은 고강도황동 1종에 비해 8.5 초로 크게 증가하였고 고액구간 냉각속도도 약간 빠르게 진행하고 있었다. 금형의 온도변화를 보면 용탕단조시 급속한 온도 상승이 이루어졌다. 승온속도가 6에서 12.8 k/sec로 2배 이상 증가하였고 승온도 고강도 1종에 비해 5배 높은 상태이었다. 최고 온도 도달 시기는 중력에 비해 약간 빨라진 정도로 고강도 1종에 비해 차이가 없었다.

그림 4의 알루미늄 청동의 경우 응고구간이 1055 - 1040°C로 고온의 짧은 구간에서 지향성으로 응고가 되는 특징을 지니고 있다. 이 경우 Zn 성분이 없어서 용탕 과열을 충분히 하여 100°C 이상 과열하여 주조를 하였다. 중력주조시의 응고 특성을 보면 주탕후 응고 개시가 10초 이후에 이루어지고 있었고 응고시간은

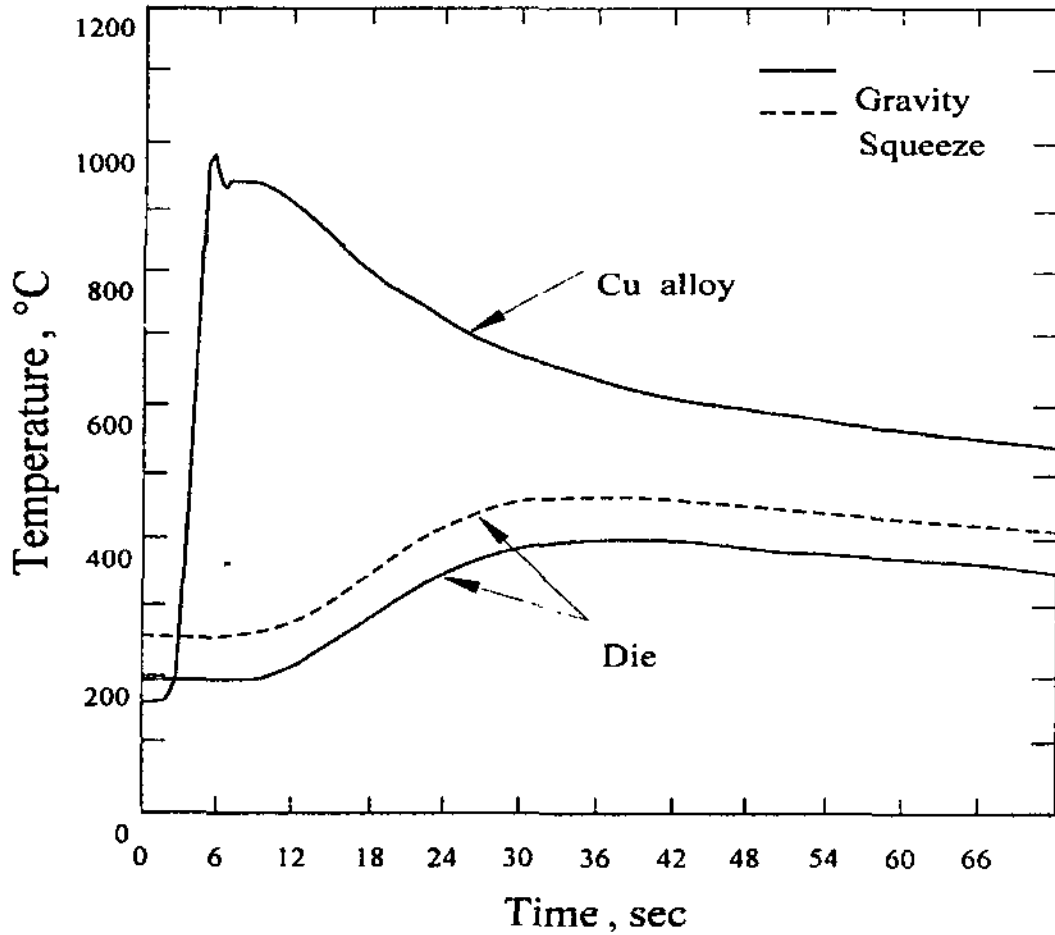


Fig. 5. Cooling curves of die and casting of Sn bronze alloy

15초 정도로 진행이 되어서 응고 냉각속도는 약 1k/sec, 응고속도는 약 1.7 mm/sec 정도로 완만하게 진행이 되었다. 금형온도를 보면 용탕과열이 크기 때문에 용탕단조시의 승온 속도는 30% 정도 증가로 그다지 크지 않으나 승온정도는 90°C 정도로 크게 나타났다. 그림 5의 인천동의 경우 응고온도구간이 1000-843°C 로 넓은 구간에서 전체적으로 응고가 되는 특징을 가지고 있다. 주물의 응고곡선에서 보면 주조시에 액상선온도 근처가 되어서 주조와 함께 응고가 진행이 되고 있다. 따라서 용탕단조 시점에는 고액구간 중간 시점으로 예상이 된다. 금형온도의 변화를 보면 용탕단조시와 중력응고의 차이가 거의 나타나지 않고 있다. 약간 열방출이 빨라진 정도로 나타나 있다. 이는 주물의 응고 냉각이 빨라서 가압시점에 상당히 응고가 진행되어진 것으로 고려되고 보다 조속한 가압이 필요하였다.

3.2 동합금주물의 응고조직에 대한 용탕단조 특성

가. 거시조직

그림 6은 고강도황동 1종의 중력주조 및 용탕단조시편의 거시조직 사진이다. 중력주조 조직은 상부에 주조 수축공이 형성되어 있고 약간의 주조 기공이 존재하고 있고 전반적으로 주조결함이 없는 건전한 주물이다. 결정립은 전반적으로 미세등축정이며 표면부에 일부 chill 조직이 나타나있다. 용탕단조시 상부가 고압으로 가압성형이 되어 전체적으로 건전하고 치밀한 조직이 얻어졌고 결정립도 중력주조와 비슷한 경향으로 미

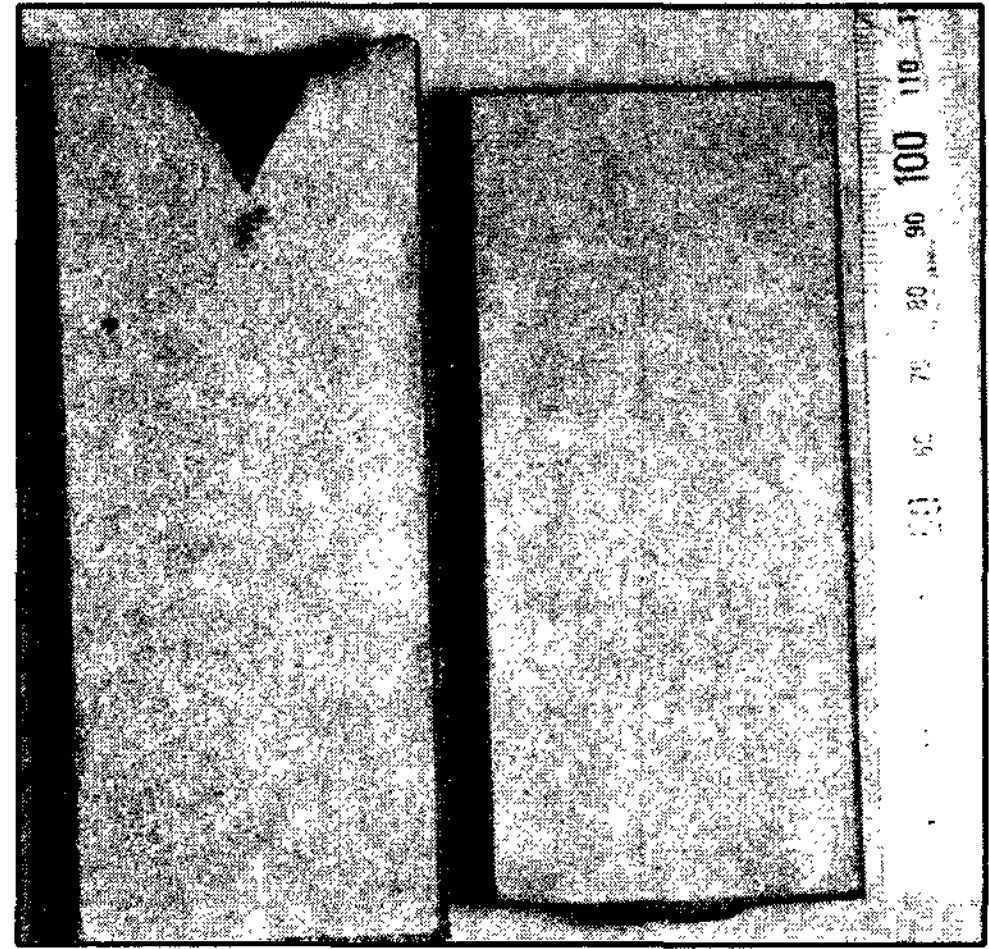


Fig. 6. Macrostructure of gravity die cast and squeeze cast high strength yellow brass 1 alloy

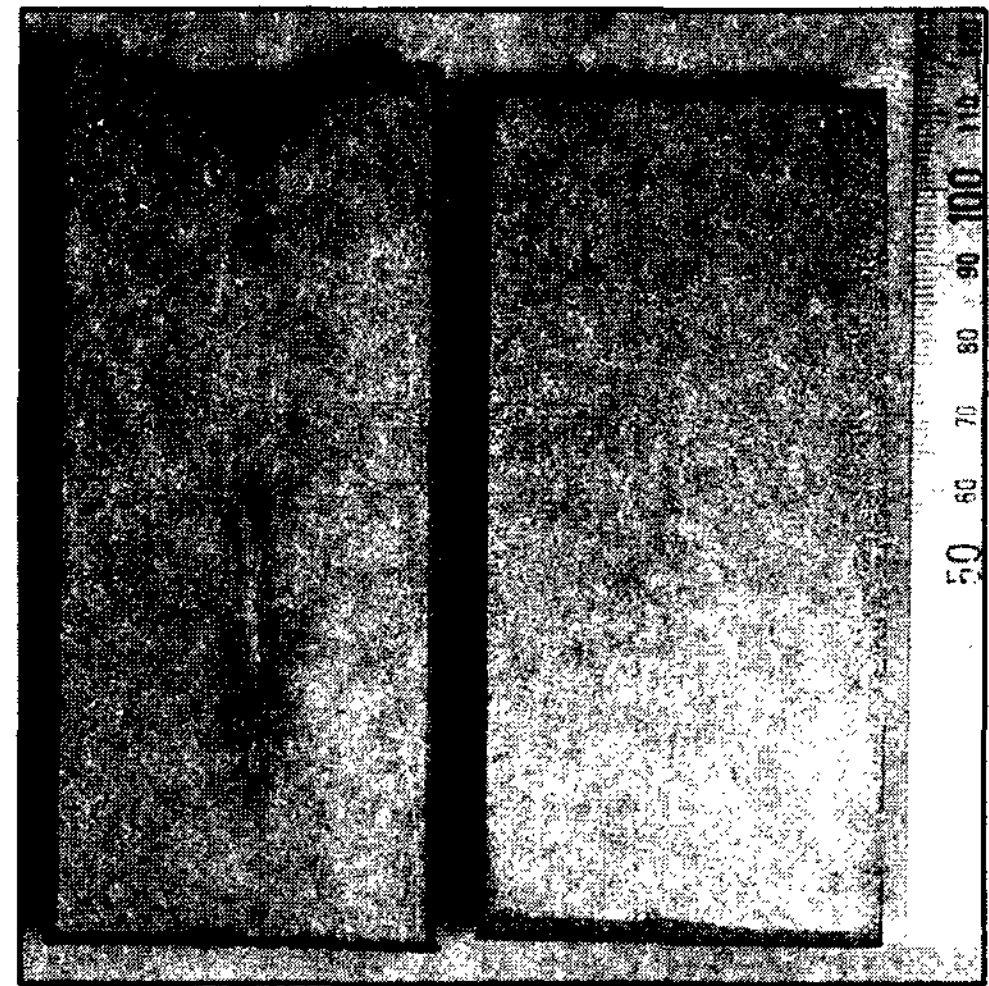


Fig. 7. Macrostructure of gravity die cast and squeeze cast high strength yellow brass 3 alloy

세 등축정 조직이 얻어졌다.

그림 7은 고강도 황동 3종의 중력주조 및 용탕단조 거시조직으로 고강도황동 1종과 같은 특성을 보여주고 있다. 이러한 미세한 결정립 조직은 합금 원소중 Fe, Mn, Al 등이 결정립 핵생성에 작용을 하여 응고온도가 좁은 열적 특성을 가지고 있는 중에 핵생성을 촉진하여 이러한 미세조직을 형성하게 한 것으로 고려된다.

그림 8은 알루미늄 청동주물의 중력주조와 용탕단조재의 거시조직 사진으로서 중력주조시 상부에 큰 수축공이 형성되어 있고 주물 중심부에도 직경 7mm 정도

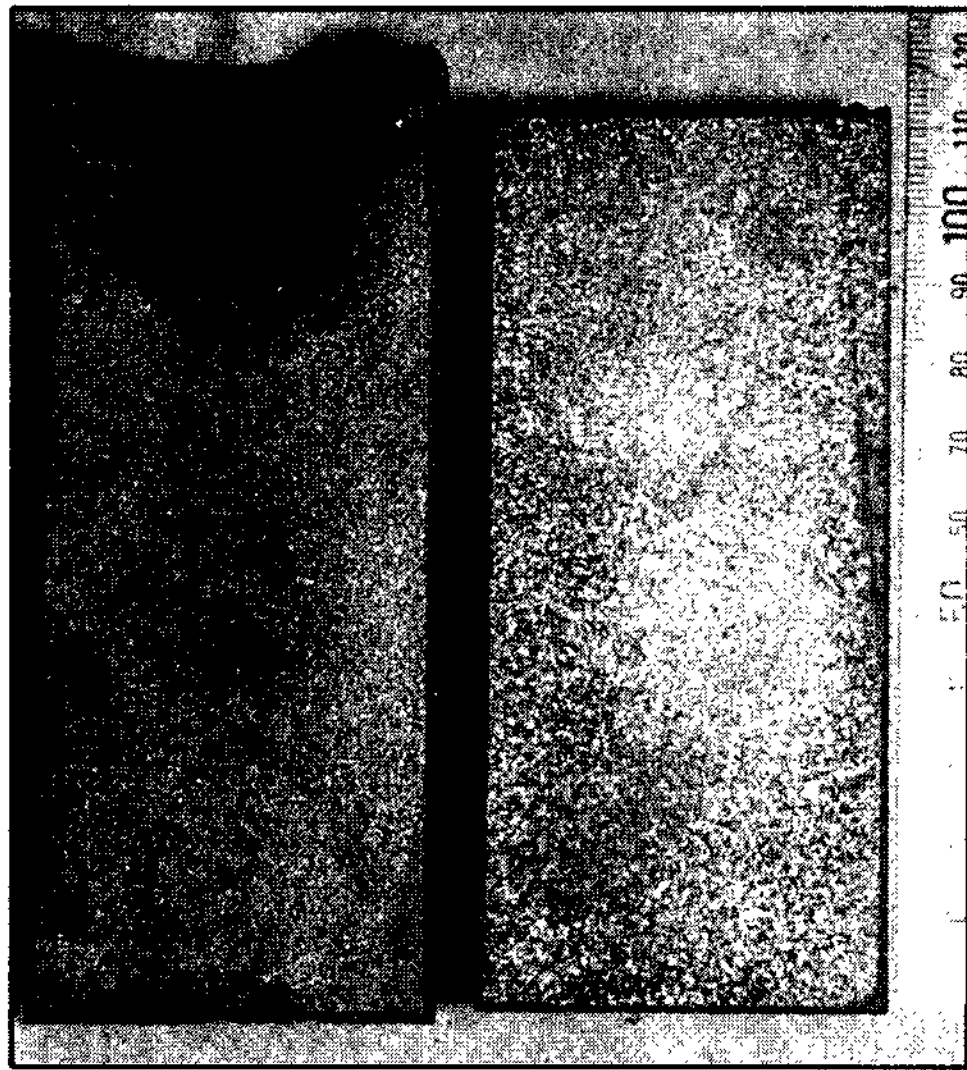


Fig. 8. Macrostructure of gravity die cast and squeeze cast Al bronze alloy

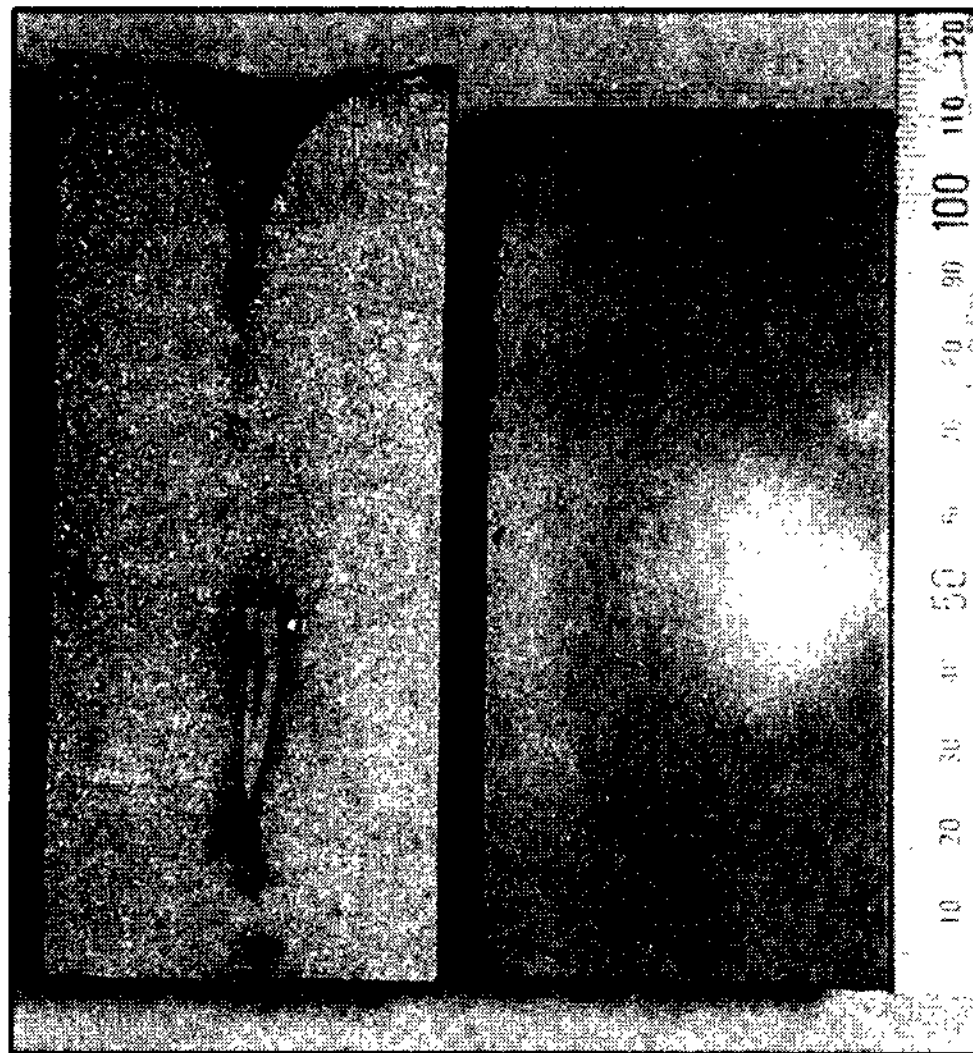


Fig. 9. Macrostructure of gravity die cast and squeeze cast Sn bronze alloy

의 수축공이 나타나 있어서 주조결함이 황동에 비하여 크게 나타나고 있다. 결정립은 전반적으로 미세 등축정 조직이며 용탕단조시 주조결함은 완전히 제거되어 건전한 주물이 얻어 졌다. 결정립은 중력주조와 같이

전면 등축정 조직인데 하단부가 다소 조대화가 되었다.

그림 9는 인칭동 주물의 중력주조와 용탕단조한 봉상시편의 중심부 단면의 거시조직 사진이다. 중력주조 시편에서 상부에 깊은 수축공이 형성되어 있고 하단에는 온도 측정용 mulite tube 가 주조중에 깨어진 모습이 나타나 있고 기포가 근처에 형성되어 있다. 결정립은 전면적으로 미세 등축정이며 0.5 mm 이하의 크기를 가지고 있다. 용탕단조시에 주조 결함은 제거되어 건전한 조직이 얻어졌고 미세 등축정으로 나타났다.

이러한 거시조직에서 100 MPa 의 용탕단조로 건전한 동합금주물이 비금형주조용 고강도황동이나 알루미늄치동 및 인칭동에서도 제조될수 있다.

나. 미세조직

고강도황동 합금들은 Cu-Zn 이원계를 기본으로 하는 6/4 황동에 Al, Fe, Mn, Sn, Ni 등을 첨가하여 Cu rich α 상(FCC)과 Zn rich β 상(BCC)을 강화하거나 물성을 개선한 것으로 보통 $\alpha + \beta$ 의 조직으로서 구성되어 있다. β 상은 454°C 에서 β' 로 변태를 한다. β 상이 많을 수록 고 경도, 고 강도가 되고 연신율은 상대적으로 감소하는 효과를 준다. 이들 합금 원소의 첨가는 Zn 함유량을 증가한 것과 같은 효과를 가져오므로 Guillet [11]에 의하면 각 원소의 Zn 당량(equivalent)을 표 5와 같이 얻어지므로 이를 이용하여 원하는 고강도황동의 Zn 당량을 다음 식 1의 관계로부터 구할 수 있다.

$$\text{Zn당량} = \frac{\%Zn + \sum q \cdot t}{\%Cu + \%Zn + \sum q \cdot t} \quad (1)$$

여기서 q는 Cu, Zn 이외의 원소의 첨가량, t는 Cu, Zn 이외의 원소의 Zn 당량(표5), A는 $\sum q \cdot t \cdot (t-1)$ 또는 $\%Sn + 5(\%Al) - 0.5(\%Mn) - 0.1(\%Fe) - 2.3(\%Ni)$ 이다.

이러한 식 1에서 나타난 조직학적 Zn 당량을 본 실험의 동합금들의 화학조성(표1)에 대입하여 계산하여 보면 고강도황동 1종합금은 40.4%Zn, 고강도황동 3종은 42.3%Zn, 알루미늄치동은 43.7%Zn, 인칭동은 19.6%Zn 이 된다. 따라서 고강도황동이나 알루미늄치

Table 5. Zn equivalent of Cu alloying elements

alloy element	Si	Al	Sn	Mg	Pb	Fe	Mn	Ni
Zn equivalent	10	6	2	2	1	0.1	0.5	-1.3

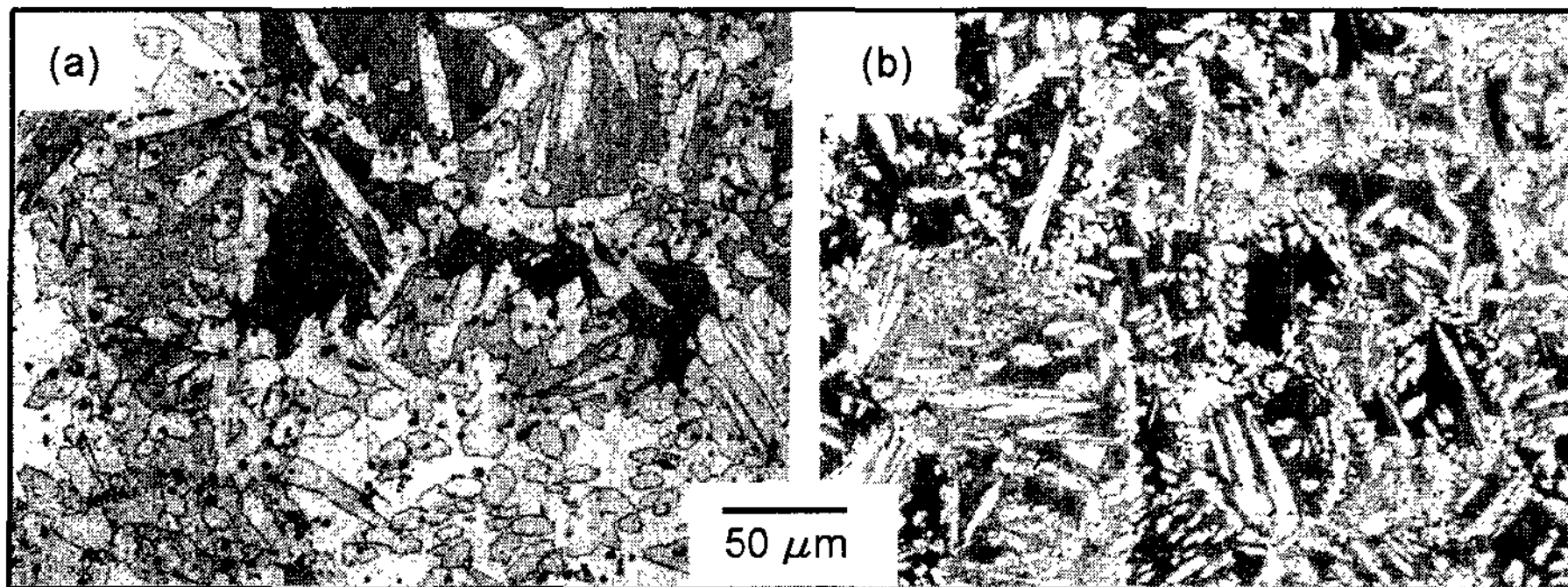


Fig. 10. Microstructure of gravity die cast and squeeze cast high strength yellow brass 1 alloy

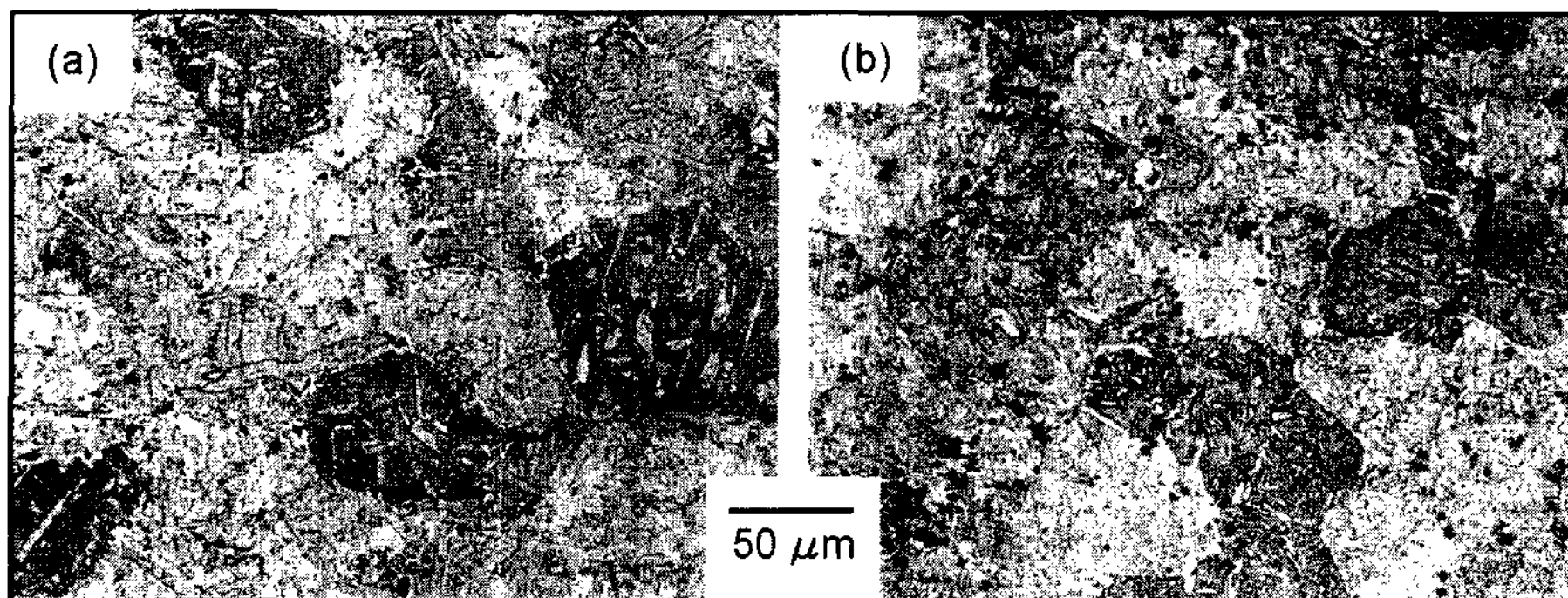


Fig. 11. Microstructure of gravity die cast and squeeze cast high strength yellow brass 3 alloy

동은 α 초정의 생성한계인 38% Zn의 조성을 넘어서는 합금의 Zn 당량을 가지므로 그 기지상은 β 상이 되고 인철동은 기지상(초정)이 Cu-rich α 상이 된다.

그림 10 a),b) 는 고강도황동 1종의 중력주조와 용탕단조시료의 미세조직이다. 중력주조조직은 기지는 크기가 약 75 - 250 μm 의 β 상 결정립이고 그 내부에 밝은 색의 flake 또는 입자상의 Cu-rich α 상이 발달하여 있다. 조직내에 미세하게 분산되어 있는 검은 입자는 Pb상이다. 용탕단조의 경우 전반적으로 중력주조와 같으며 기지결정립들이 30 - 150 μm 정도로 중력에 비해 1/2로 미세화가 되었고 α 상들도 미세화가 되었다.

그림 11 a),b) 는 고강도황동 3종의 중력주조와 용탕단조 미세조직으로 고강도황동 1종과 같은 조직적 특성을 보이며 모양이 되는 β 상의 비율이 보다 증가하였는데 이는 Zn당량을 높이는 Al이 많이 첨가된 데 그 원인이 있다. 결정립 크기는 고강도황동1에 비해 미세화가 되어서 30 - 150 μm 정도를 보이고 있고 평균 크기는 약 55 μm 정도이다. 용탕단조시 조직은 결정립의 크기가 20 - 100 μm 범위에 평균 45 μm 정도로 약간 미세화가 되었고 α 상도 보다 미세화되어 결정립

계에 주로 발생하여 있다. 이들 결정립들이 각형을 이루고 있어 주조후 고상 냉각중에 고상 변태 및 확산 반응이 일어났음을 알 수 있다.

그림 12 a),b) 는 알루미늄 청동합금의 중력주조와 용탕단조 미세조직으로서 β 단상으로 나타나 있다. 결정립 크기는 중력주조시에 60 - 460 μm 정도를 보이고 있고 평균크기는 약 150 μm 정도이다. 용탕단조시 조직은 결정립의 크기가 50 - 300 μm 범위에 평균 130 μm 정도로 약간 미세화가 되었다. 이들 결정립들이 각형을 이루고 있고 조대한 것과 미세한 것이 함께 나타나 있어 주조후 고상 냉각중에 고상 변태 및 확산 반응이 일어나 결정립 조대화가 되고 있음을 알 수 있다. 비교적 냉각속도가 느린 중력주조조직의 결정립이 조대화가 된 것은 결정성장이 주물의 서냉으로 인하여 계속된 것으로 고려된다.

그림 13 a),b)는 인철동 주물의 중력주조와 용탕단조한 봉상시료의 중간부에서 광학현미경으로 관찰한 미세조직들이다. 중력주조는 조대한 α 수지상정으로 평균크기가 약 20 μm 이고 수지상간에는 Sn rich β 상이 정출한 모습이었고 용탕단조시에는 2 차가지의 우

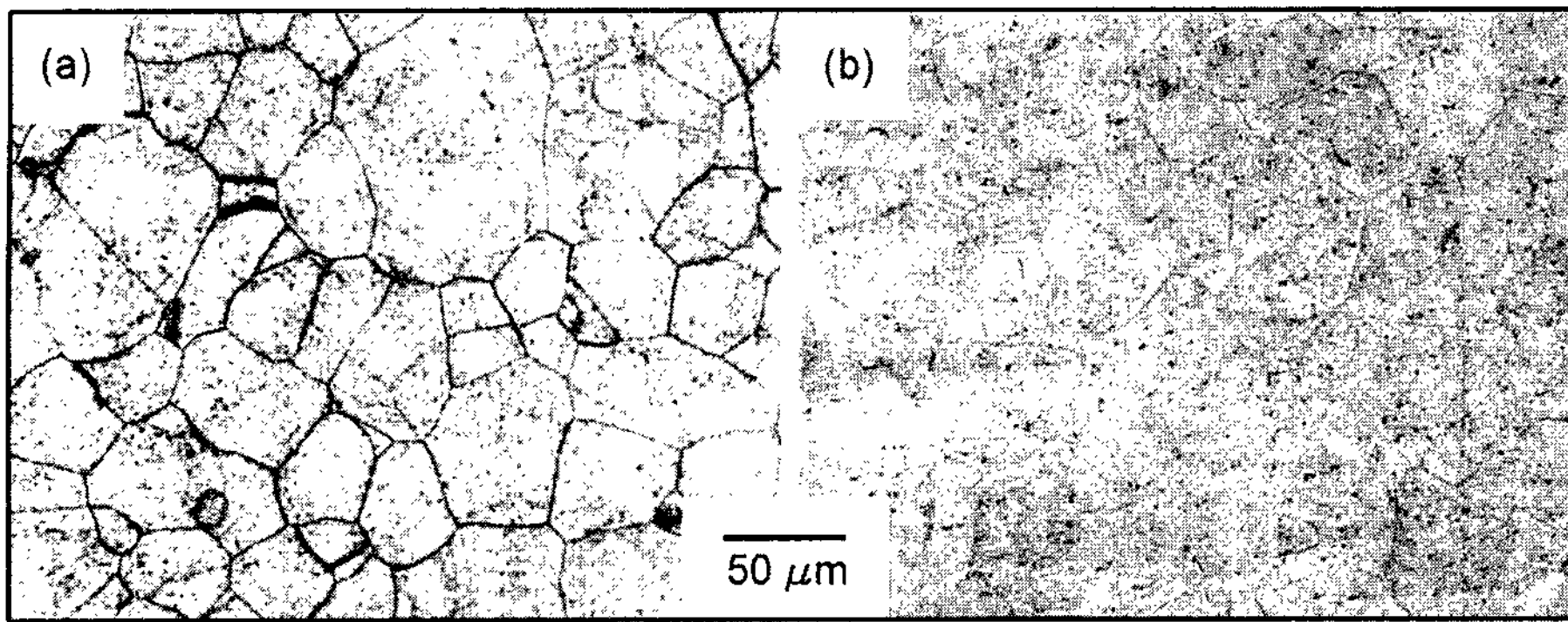


Fig. 12. Microstructure of gravity die cast and squeeze cast Al bronze alloy

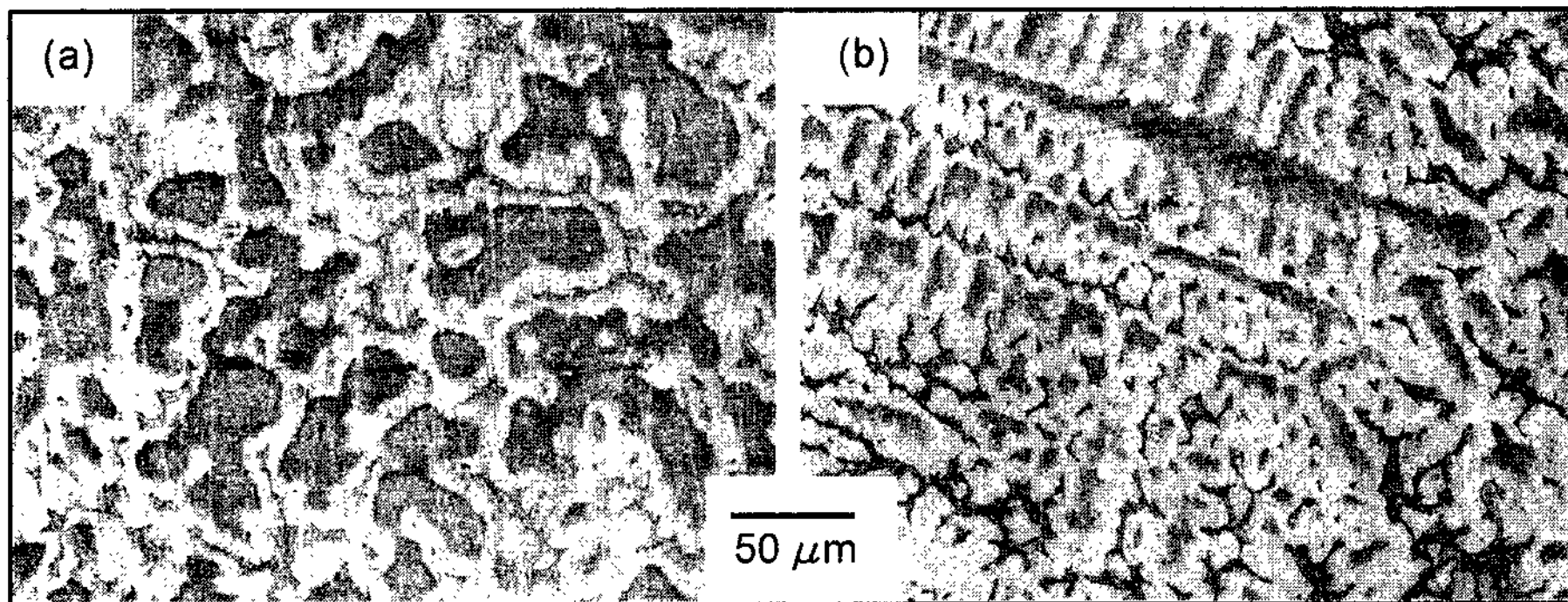


Fig. 13. Microstructure of gravity die cast and squeeze cast Sn bronze alloy

선 성장이 촉진되어져 평균크기가 약 15 μm로 다소 미세화가 되었다. 이 합금 주물은 합금 원소가 다소 고용이 되는 Sn이 첨가되어 있으나 Sn의 확산 속도가 느려 α수지상정사이에 고용질 액상이 잔류되어 β상이 형성되어진 것으로 고려된다.

미세조직면에서 용탕단조로 모상과 2차상들이 3/4 - 1/2 정도 미세화가 되었고 2차상들이 급냉응고로 인해 고용 또는 억제되었고 크기도 균일하게 나타났다.

3.3 동합금주물의 기계적성질에 대한 용탕단조 특성

표 6은 고강도황동과 알루미늄청동 및 인청동합금에서 중력금형주조와 용탕단조시의 인장성질과 경도 특성을 조사한 결과이다. 경도측정결과를 보면 전반적으로 용탕단조로 인하여 경도가 증가하였다. 경도증가는 알루미늄청동이 가장 크고 고강도 황동과 인청동에서는 약간 증가하고 있다. 합금자체에서는 알루미늄청동이 HB200으로 다른 동합금들의 HB 100-140수준에 비하여 현저하게 높게 나타났다. 따라서 용탕단조에 의한 경화는 대체로 10% - 20% 정도가 되고 고용강화나

Table 6. Mechanical properties of Cu alloys fabricated by gravity die casting and squeeze casting.

		UTS (MPa)	El (%)	HB
H.S. Yellow brass 1	Gravity casting	490	19.2	105
	Squeeze casting	520	12.6	120
H.S. Yellow brass 3	Gravity casting	567	13.0	148
	Squeeze casting	615	8.8	158
Al bronze	Gravity casting	582	1.9	207
	Squeeze casting	736	0.4	240
Sn bronze	Gravity casting	352	13.5	101
	Squeeze casting	372	15.1	108

조직 강화의 합금 성분이 있는 경우에 보다 효과가 있음을 알수 있고 보통 주조성과 내식성 등의 기능을 요구하는 비구조용 주물에서는 경도 증가는 크지 않았다.

인장강도를 보면 경도와 비슷한 경향으로 나타나고 있다. 고강도황동 1종의 경우 중력주조에 비해 용탕단조의 인장강도는 약간 증가하는 대신 연신율이 감소하였다. 고강도 3종은 1종과 비슷하여서 인장 강도는 다

소 증가하고 연신율은 감소하였다. 알루미늄 청동의 경우 중력주조에 비해 인장강도가 20% 증가하였고 연신율은 다소 떨어져 취성 파단의 양상을 보이고 있다. 인철동의 경우 중력주조에 비해 인장강도는 약간 증가하였고 연신율도 다소 증가하였다. 따라서 용탕단조에 의한 동합금 주물의 강화는 알루미늄청동이 27% 정도로 가장 크고 다른 동합금은 중력주조에 비해 6-12% 증가가 되었다. 연신율면에서는 응고구간이 넓은 인철동이 용탕단조로 10%가 향상이 되었고 고강도 황동이나 알루미늄청동은 감소하였다.

4. 결 론

1. 고강도황동 1 종과 3 종, 알루미늄 청동과 인철동에 대해서 100MPa의 용탕단조시건전한 주물이 얻어졌다.
2. 응고 열분석을 통하여 용탕단조시 응고과정을 확인할 수 있었다. 인철동합금의 용탕단조시 주물의 열방출속도는 큰 변동이 없었으나 다른 동합금에서는 급냉이 촉진되었다.
3. 용탕단조시 합금조성과 응고열전달 거동에 따라 동합금주물들의 결정립과 2차상들의 미세화정도가 차이가 났다.
4. 용탕단조에 의한 동합금 주물들의 경도는 증가하였고 고용강화나 조직 강화의 합금 성분이 있는 알루미늄 청동에서 보다 효과가 있고 인철동은 경도증가가 거의 없었다.
5. 용탕단조에 의한 인장강도 증가는 알루미늄청동이 가장 크고 고강도황동이나 인 철동은 약간 증가하였

다. 연신율면에서는 응고구간이 넓은 인철동이 용탕단조로 향상되었고 고강도황동과 알루미늄청동은 감소하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. N. Lee, T. S. Yun : Studies on the Soundness of Cu-Alloy Castings for leak tightness, Journal of the Korean Institute of Metals and Materials, Vol. 13, No. 3 (1975), p.297
- [2] O. Y. Kwun and C. S. Kang : Effect of Si on Microstructures and Mechanical Properties of cu-al alloys, Journal of the Korean Institute of Metals and Materials, Vol. 16, No. 3 (1978) p.179
- [3] H. Y. Ra and D. H. Lee : The Influences of Vibration on the Structures of Cu-Pb Alloys, Journal of the Korean Institute of Metals and Materials, Vol. 18, No. 4 (1980) p.320
- [4] T. Y. Chung and C. S. Kang : Effect of Mold Ratios on the Casting Structures and Mechanical Properties in Cu-Al-Si Alloys, Journal of the Korean Institute of Metals and Materials, Vol. 18, No. 5 (1980), p.416
- [5] R. F. Lynch, R. P. Olley, P. C. J. Gallagher : AFS Trans., Vol.75 (1976) p561
- [6] S. Oya, Y. Matsuura, S. Suzuki and A. kamio : J. Japan Foundrymen's Society, Vol. 41 No. 1 (1969) p29
- [7] M. Mohri, M. Yamaguchi, N. Kubota and K. Kitami : J. Japan Foundrymen's Society, Vol. 60 No. 4 (1988) p252
- [8] K. T. Kim and W. J. Jung : Journal of The Korean Foundrymen's Society, Vol.18, No.6, (1998) 528
- [9] ASM Metals Handbook Vol. 2. 10th edition, Properties and Selection ; Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials (1990)
- [10] M. H. Kim : Journal of The Korean Foundrymen's Society, Vol.18, No.1, (1998), 91
- [11] S. Oya : Nonferrous Metals Casting, Nikan Industry News, (1968), 74